

**Nur für internen Gebrauch**

## **RT-Meßsystem**

- 1. Übersicht**
- 2. Optisches Design CD-RW und DVD-RW**
- 3. Bestimmung von Schichtdicken und Materialeigenschaften von Einzelschichten**
- 4. Simulation von Spektren (DVD-RW)**
- 5. Zusammenfassung: RT-Messung und Auswertung**

*Zwischenbericht von:*

*R.Hertling, S.Hilbrich, M.Pohlen, W.Schaudig, W.Windeln*

## **1 ÜBERSICHT**

Das neue Gerät (Arbeitsname „RT-Tester“) ist ein offline-Gerät mit vielen Meßmöglichkeiten. Die Basisausstattung beinhaltet spektrale Reflexions- und Transmissionsmesskanäle sowie PC. Zusätzlich können je nach Kundenanforderungen diverse Zusatzkanäle installiert werden (dishing, Doppelbrechung, Spacer-Layer, Substratdicke, für DVDs). Dieses Meßgerät hat zusätzlich die Option, mit einem inline-Gerät gekoppelt zu werden. Dabei übernimmt das inline-Gerät die quantitative Überprüfung der Merkmale und überträgt bei drohender Abweichung vom Soll seine Resultate an den RT-Tester, der offline eine detaillierte Analyse durchführt, um dem Operator Hilfestellung zu geben.

Das RT-Meßsystem wird in der Lage sein, folgende Eigenschaften von CDs, CD-Rs, CD-RWs und DVDs optisch zu bestimmen (bei Vollausbau):

### **Allgemeine CD-Eigenschaften:**

- dishing (alle CDs)
- Doppelbrechung (alle CDs)
- Exzentrizität (alle CDs)
- Groove-Geometrie (alle CDs)

### **Bereich Schichtdicke:**

- Spacerdicke (DVD)
- Substratdicke (DVD)
- Schutzlackdicke (alle CDs)
- Dicke von teiltransparenten Metallschichten (DVD)
- Dicke von dielektrischen Schichten (DVD, CD-RW, DVD-RW)
- Dicke von Dyeschichten (CD-R)
- Einzeldicke in kompletten Schichtpaketen (CD-RW, DVD-RW)

### **Bereich Materialdaten:**

- Materialdaten von Dyes
- Materialdaten von Bufferschichten (CD-RW)
- Materialdaten von Phase-Change-Schichten (amorph-kristallin, CD-RW, DVD-RW)

### **Bereich optisches Design:**

- Simulation (CD-R, DVD-R, CD-RW, DVD-RW)
- Optimierung von Schichtpaketen (CD-RW, DVD-RW)

Es ist geplant, wichtige Größen auch inline zu kontrollieren. Dabei können Abweichungen in der Produktion frühzeitig erkannt und beseitigt werden. Der RT-Tester liefert dabei offline eine genauere Analyse des Produktionszustands, die aus Zeitgründen inline nicht möglich ist. Zusätzlich können per Simulation günstige Materialzusammenstellungen gefunden werden. Die Schichtdicken werden über eine spezielle Software optimiert.

Einige Grundlagen dieser Verfahren sind im folgenden erläutert.

## **2 OPTISCHES DESIGN VON SCHICHTSYSTEMEN FÜR CD-RW UND DVD-RW-ANWENDUNGEN**

---

### **2.1 Grundlagen : Die Admittanzdarstellung**

Die optischen Eigenschaften von Schichtsystemen lassen sich mit Hilfe des sogenannten „Admittanzmodelles“ veranschaulichen, so daß günstige Startparameter für eine anschließende rechnergestützte Optimierung gefunden werden können. Außerdem erlaubt dieses Modell den Entwurf neuer Konzepte eines Schichtsystems mit spezifischen Anforderungen.

Im allgemeinen startet man mit einem „Substrat“, z.B. Glas oder auch Vakuum, und baut darauf sukzessive einen Stack von Schichten auf (Plot 1). Das von links einfallende Licht („Light Wave“) sieht die Grenzfläche der letzten Schicht an das Vordergrundmedium (z.B. Luft oder Polycarbonat, je nach Anwendung). Das Intensitäts-Reflexionsvermögen  $R$  kann durch die Admittanz des Vordergrundes  $y_f$  und die „Gesamtadmittanz“  $Y_s$  des Schichtsystems berechnet werden. Die Admittanz, das Verhältnis der magnetischen und elektrischen Felder, ist stetig und kann deshalb rekursiv berechnet werden, wenn die Materialeigenschaften  $n$  und  $\kappa$  aller beteiligten Schichten bekannt sind.  $Y_b$  und  $Y_f$  sind die Admittanzen auf der Rückseite („back“) und der Vorderseite („front“) einer einzelnen Schicht  $y_j$ .

Entscheidend für die Darstellung ist nun die Tatsache, daß sowohl die Linien gleicher Reflexion als auch diejenigen gleicher Phase in der  $Y$ -Ebene Kreise ergeben, und auch die einzelnen Admittanzverläufe mit wachsender Schichtdicke des Gesamtsystems Kreisbogenstücke sind, falls es sich um „ideale“ Metalle (nur  $\kappa$ ) oder dielektrische (nur  $n$ ) Substanzen handelt.

Für Substanzen mit gemischten Eigenschaften ( $n$  und  $\kappa$ ) läßt sich der Admittanzverlauf aber ebenfalls abschätzen.

Bekannt müssen die gewünschten Spezifikationen des Reflexionsvermögens sein. Die Admittanzdarstellung liefert einen ersten Ansatzpunkt für eine mögliche Realisierung.

Im Falle optischer Datenspeicher ist ein möglichst großer Unterschied im Intensitäts-Reflexionsvermögen zwischen dem Schichtsystem mit dem amorphen Zustand und demjenigen mit dem kristallinen Zustand der Phase-Change-Schicht erwünscht. Außerdem soll in dem untersuchten Fall keine Phasenänderung stattfinden, d.h. die Phase zwischen den beiden Amplituden-Reflexionsvermögen soll möglichst klein, im Idealfall Null sein.

Beide Anforderungen müssen gleichzeitig erfüllt sein. Ein DVD-RW - Schichtsystem besteht aus Aluminium als reflektierender Schicht, darauf ist ein ZnS:SiO<sub>x</sub>-Buffer (ZS), eine Phase-Change-Schicht („SDS10“), ein zweiter Buffer ZS und schließlich das Polykarbonat (PC). Der Aufbau dieses Schichtsystem und die daraus folgenden Eigenschaften lassen sich schrittweise in der Admittanzebene darstellen.

## **2.2 Beispiel DVD-RW**

In Plot 2 („Good Configuration“) sind die Admittanzverläufe des DVD-RW-Schichtsystems für beide Zustände der SDS-Schicht aufgetragen (durchgezogene : amorph, doppelt gestrichelt: kristallin). Außerdem sind die Linien gleicher Reflexion ( $R = 5, 10, 30, 50$  Prozent) und gleicher Phase (von  $\pi/6$  bis  $5\pi/6$ ) als Kreise sichtbar. Man liest aus der Grafik ab, daß sich ein hoher Unterschied in der Reflexion, aber nur eine kleine Phasendifferenz zwischen dem amorphen (•) und dem kristallinen (■) Fall ergibt, wählt man die richtigen Buffer-Schichtdicken ( $d_2$  und  $d_4$ ). Für falsche Schichtdicken (Plot 3: „Bad Configuration“) dagegen findet man das gegenteilige Verhalten:

Eine nur geringe Differenz (zwischen 45 und 55 Prozent) im Reflexionsvermögen und einen größeren Phasenunterschied zwischen „kristallin“ und „amorph“.

## **3 BESTIMMUNG VON SCHICHTDICKEN UND MATERIALEIGENSCHAFTEN EINZELNER SCHICHTEN**

Messungen an SDS-Schichten auf Glassubstrat konnten mit Hilfe eines Oszillatormodellens simuliert und daraus die Materialgrößen  $n$  und  $\kappa$  bestimmt werden. Plot 4 und 5 zeigen Messung (Rot) und Simulation (Blau) für die kristalline Phase des SDS, Plot 6 der daraus berechnete Verlauf von  $n$  (Blau) und  $\kappa$  (Rot). Die Schichtdicke ist als bekannt vorausgesetzt worden.

Ähnlich wurden die Materialdaten der amorphen Phase des SDS bestimmt, die sich deutlich von denen des kristallinen SDS unterscheiden (Plots 7-9).

Auf analoge Weise könnten aus  $R$  und  $T$  Materialdaten zu den Bufferschichten oder weiteren Substanzen gewonnen werden. Außerdem ist eine Bestimmung der Schichtdicke möglich. So gelingt eine vollständige Charakterisierung von Einzelschichten. Im Fall der DVD-RW-Systeme gehen die daraus gewonnenen Daten in die Beschreibung (sowohl das Design als auch die Simulation) der entsprechenden Schichtsysteme als input mit ein.

## **4 SIMULATION VON SPEKTREN (DVD-RW)**

### **Zwei Beispiele: Schichtsystem mit amorphem und kristallinem SDS10**

#### **4.1 amorph**

Der Vergleich der gemessenen Reflexion (grün) mit einer Dickensimulation (blau) des Schichtsystems anhand der vorher an Einzelschichten bestimmten Materialdaten zeigt eine gute Übereinstimmung. Die Schichtdicken, die sich daraus ablesen lassen, liegen in der Größenordnung der notwendigen, erreichen aber nicht das Optimum, das sich aus dem Schichtdesign ergäbe. Insbesondere die an das Aluminium angrenzende Bufferschicht ZS82 ist wesentlich zu dick.

Weiterhin folgt aus der guten Anpassung der Simulation, daß sich die Phase-Change-Schicht SDS10 in dieser Probe im amorphen Zustand befindet.

#### **4.2 kristallin**

Die Übereinstimmung zwischen Messung und Simulation, diesmal mit den Materialdaten  $n$  und  $\kappa$  für die kristalline Phase des SDS10 ist weniger gut als für Probe A. Die Phase-Change-Schicht enthält offenbar schon amorphe Anteile. Um eine bessere Anpassung, insbesondere im Bereich großer

Wellenlängen zu erreichen, müssen mehrere Zwischenstufen ( $n$ ,  $\kappa$ ) für Übergangsphasen bekannt sein. Dies wird zur Zeit mit Hilfe der Effektiv-Medium-Theorie untersucht. Sobald weitere Proben zur Verfügung stehen, wollen wir diesen Punkt vertiefen.

Auch für die Probe B ergibt sich eine gegenüber dem Optimum zu große Bufferschichtdicke.

Die Schichtdicken beider Proben sind im einzelnen in folgender Tabelle aufgelistet:

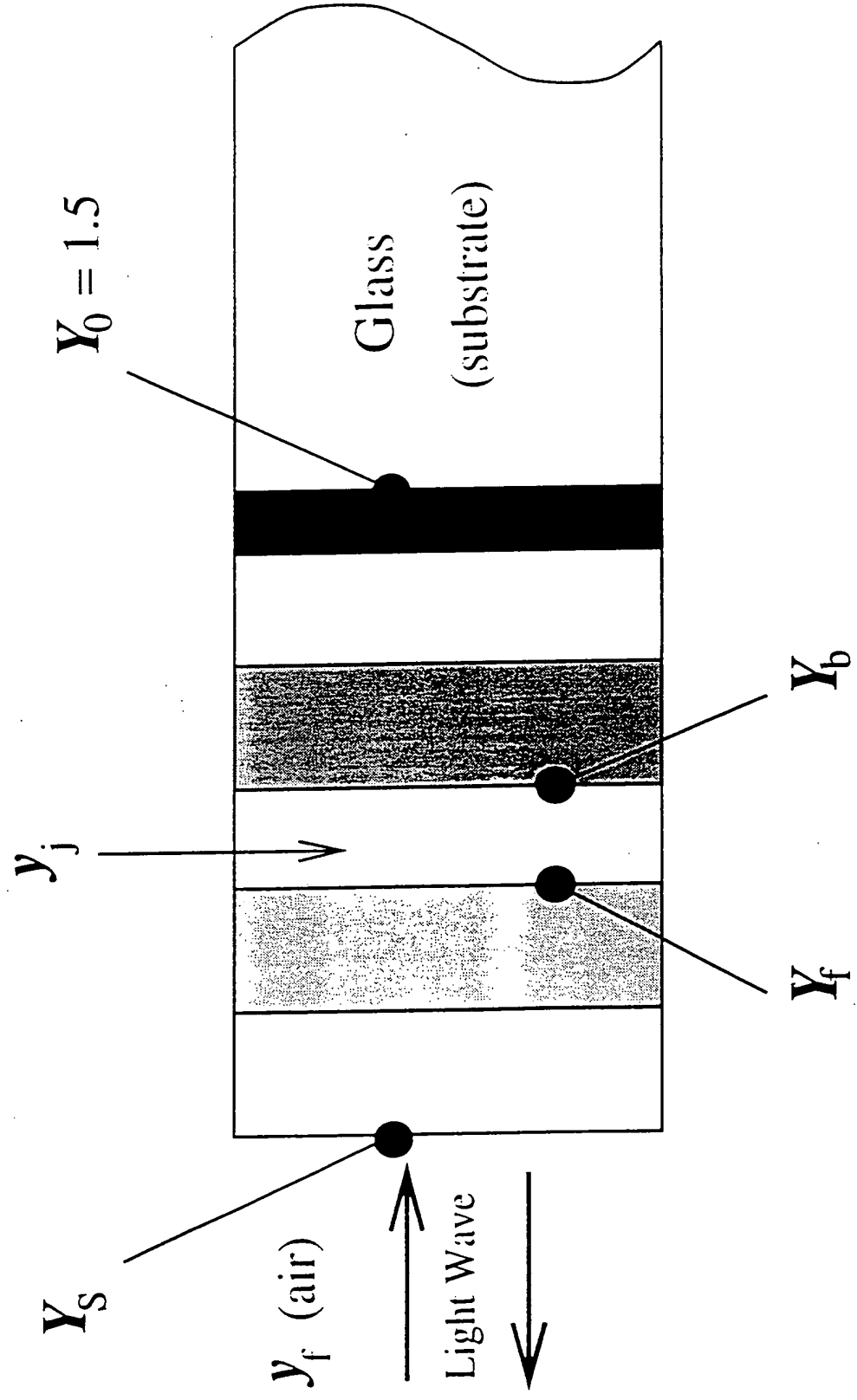
(PC: Polykarbonat, ZS: ZnS:SiO<sub>x</sub>, SDS10: Phase-Change-Schicht, Al: Aluminium)

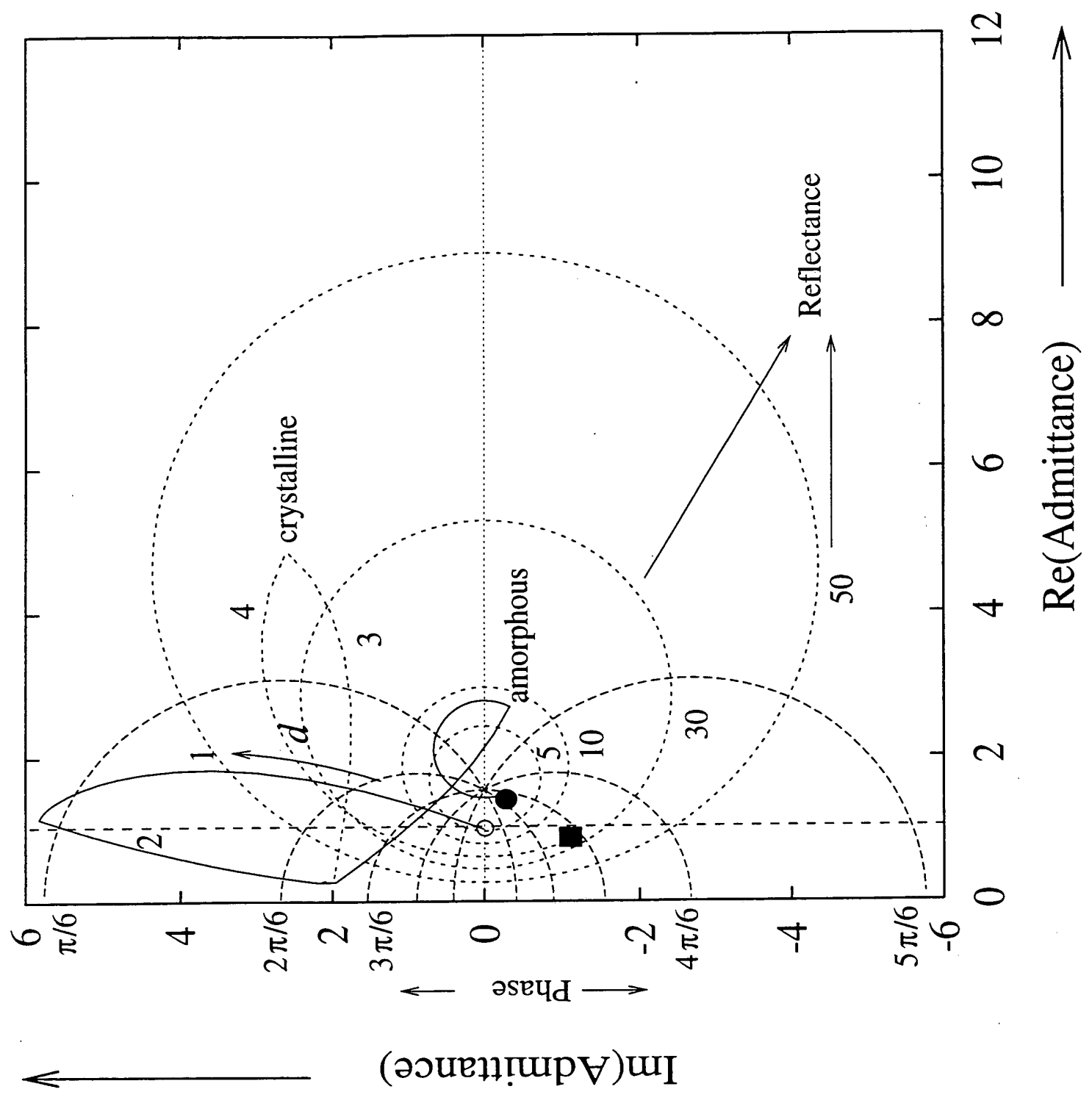
<b>Material</b>	<b>PC</b>	<b>ZS82</b>	<b>SDS10</b>	<b>ZS82</b>	<b>Al</b>
<b>Plot 10</b>	1,2 mm	116 nm	19 nm	55 nm	100 nm
<b>Plot 11</b>	1,2 mm	136 nm	15 nm	50 nm	100 nm

## **5 ZUSAMMENFASSUNG: RT-MESSUNG UND AUSWERTUNG**

---

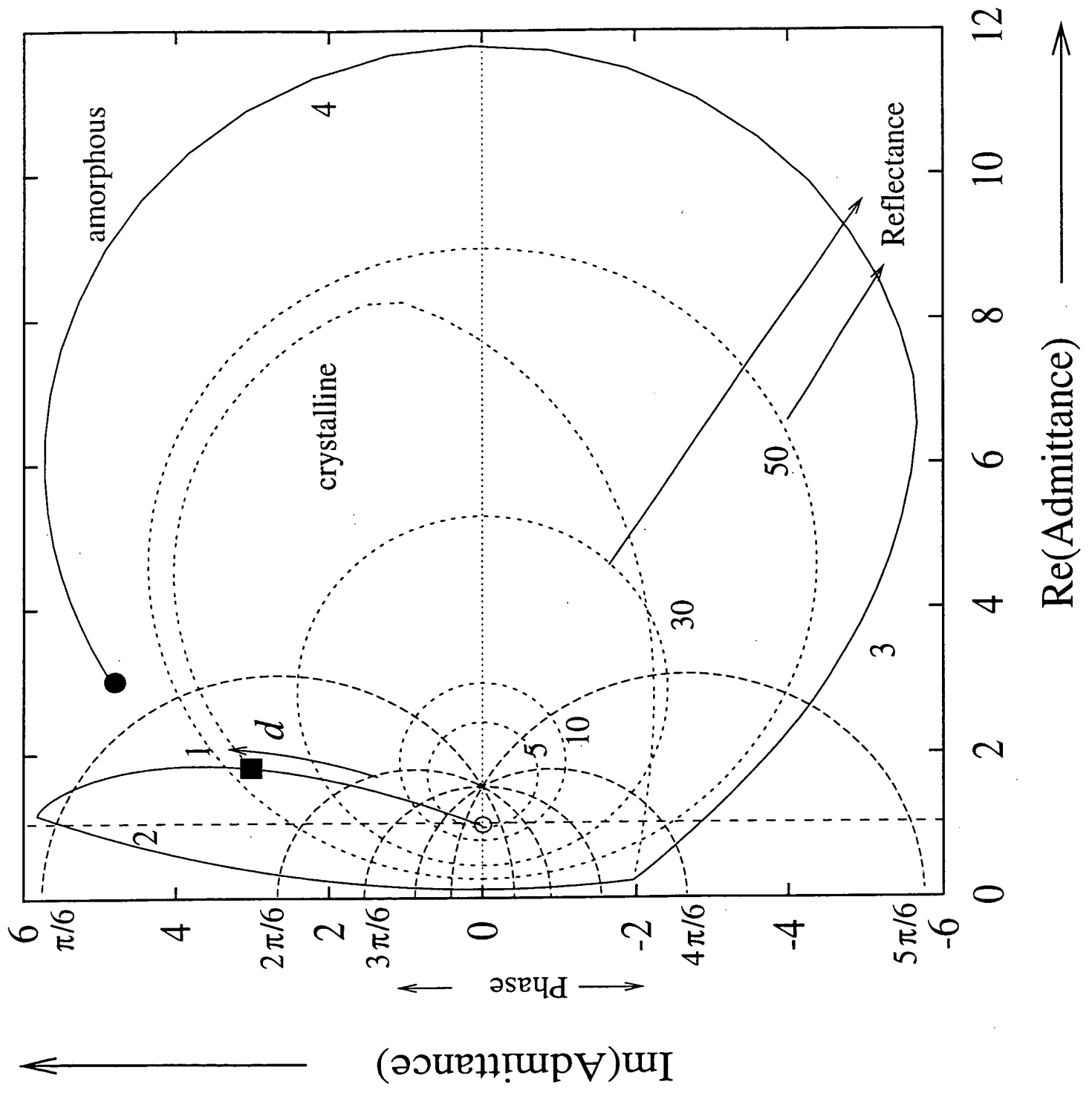
Die bisherigen Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß der RT-Meßsystem in der Lage sein wird, eine Qualitätskontrolle von CD-RW und DVD-RW zu gewährleisten: Einerseits können Schichtdicken und Materialeigenschaften der Einzelschichten benötigter Materialien bestimmt werden, andererseits erlaubt die Software eine Simulation von Reflexions- und Transmissions-Spektren und dadurch eine Überprüfung der Schichtdicken eines gegebenen Schichtsystems. Zusätzlich kann neben den Schichtdicken auch der Brechungsindex  $n$  und die Absorptionskonstante  $\kappa$  einer Schicht bestimmt werden, deren Eigenschaften, bedingt durch Schwankungen im Sputterprozeß, von Normdaten abweichen, beispielsweise die Phase-Change-Schicht.

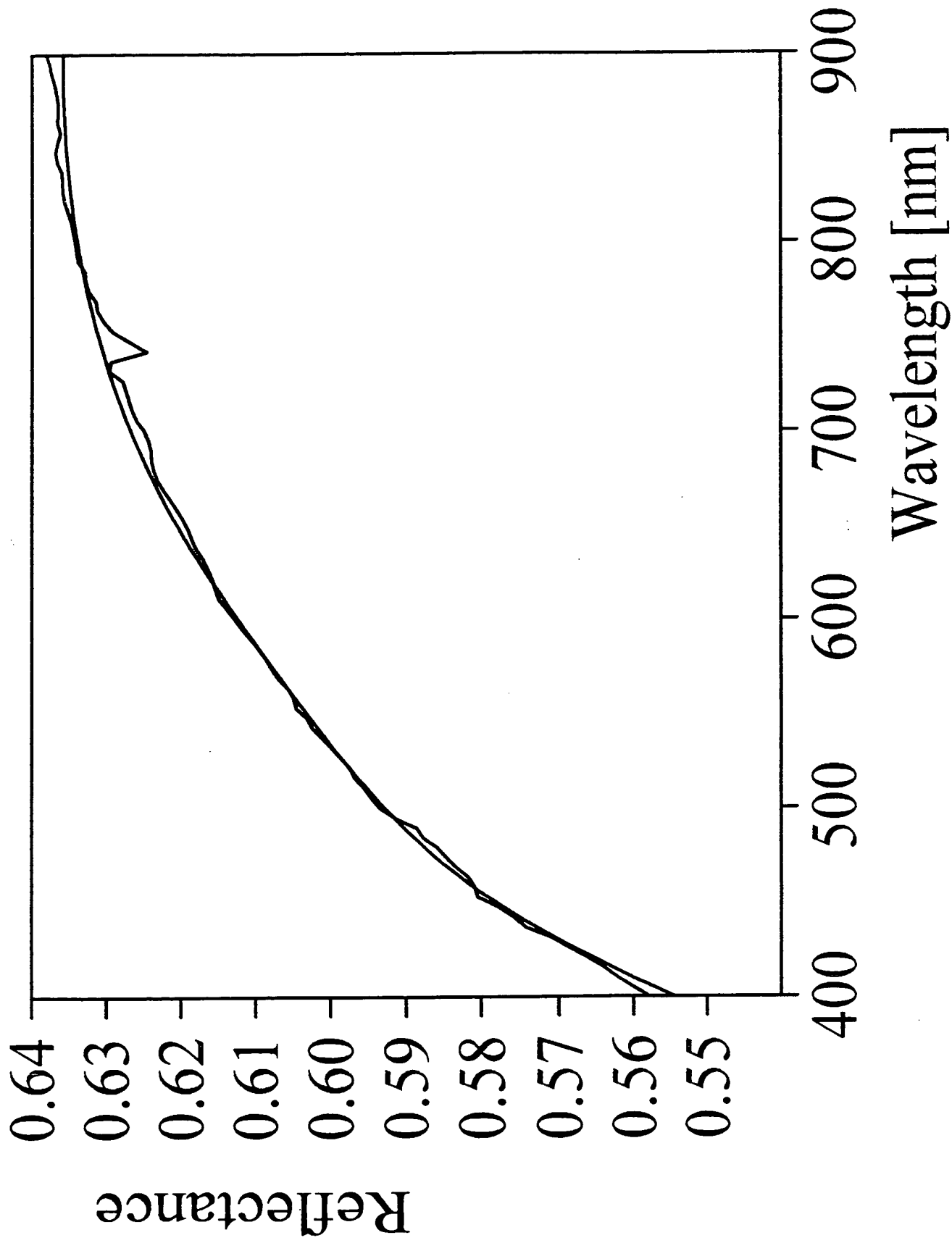




12005

# Bad Configuration

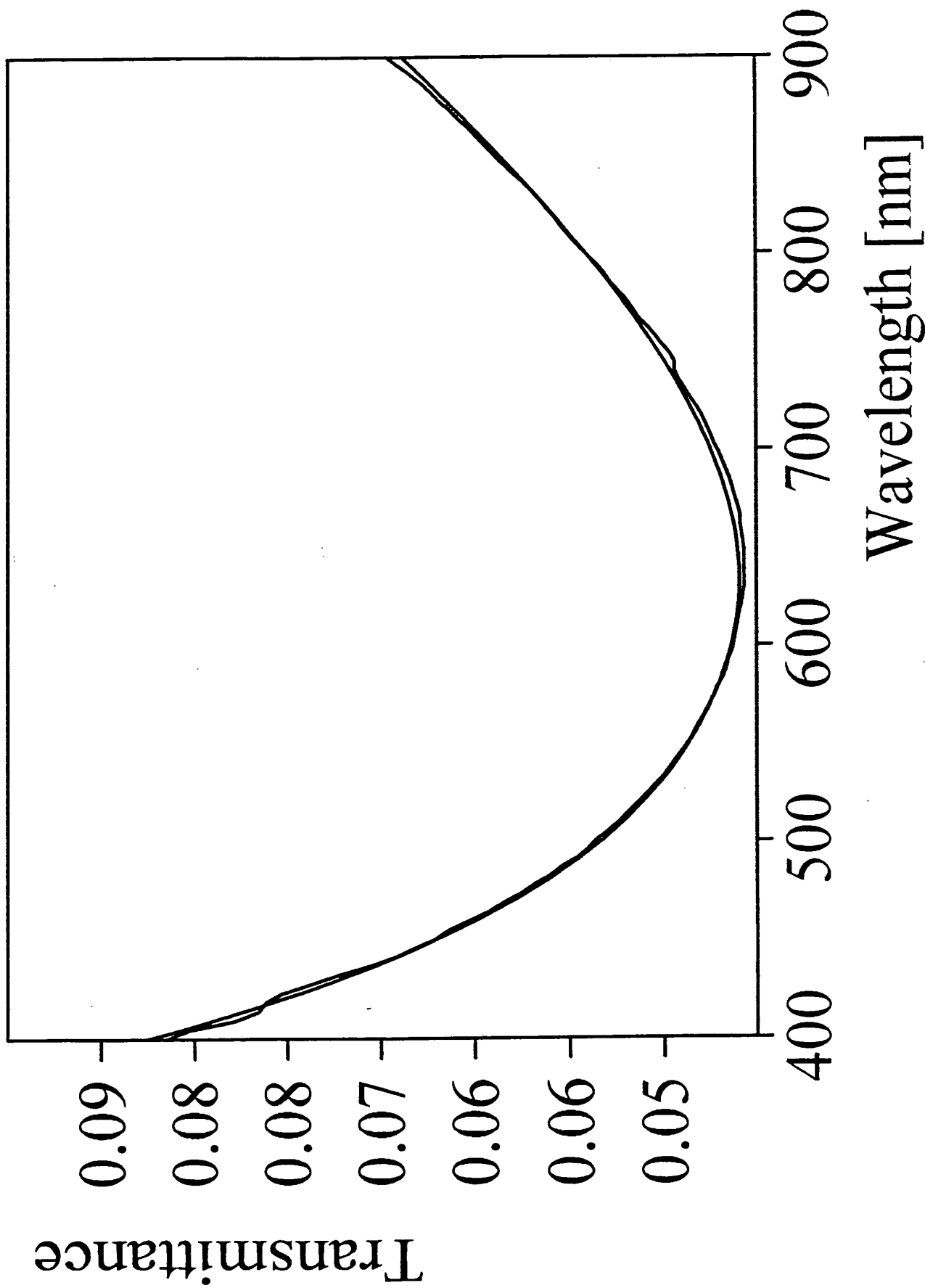


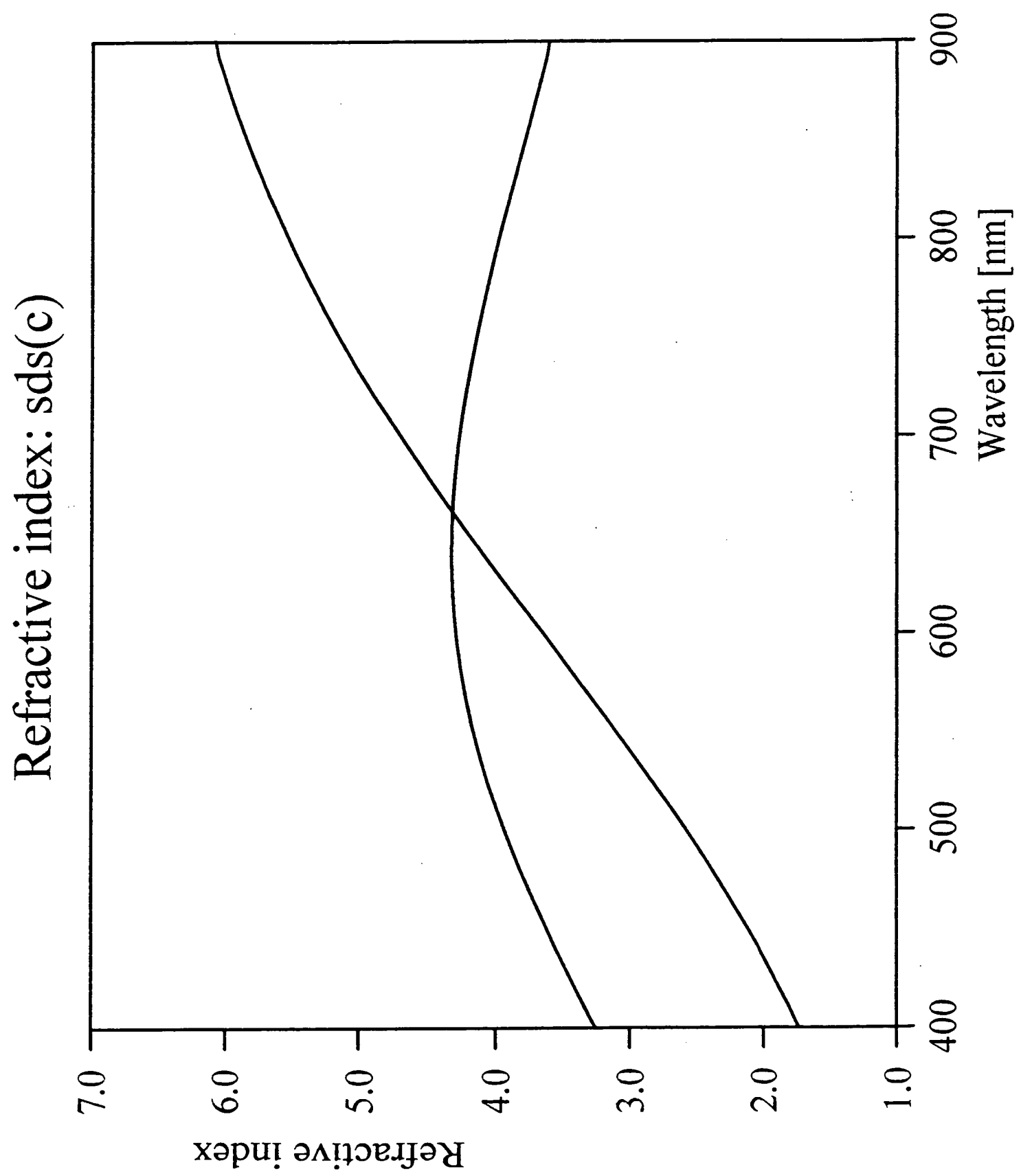


Plot 4

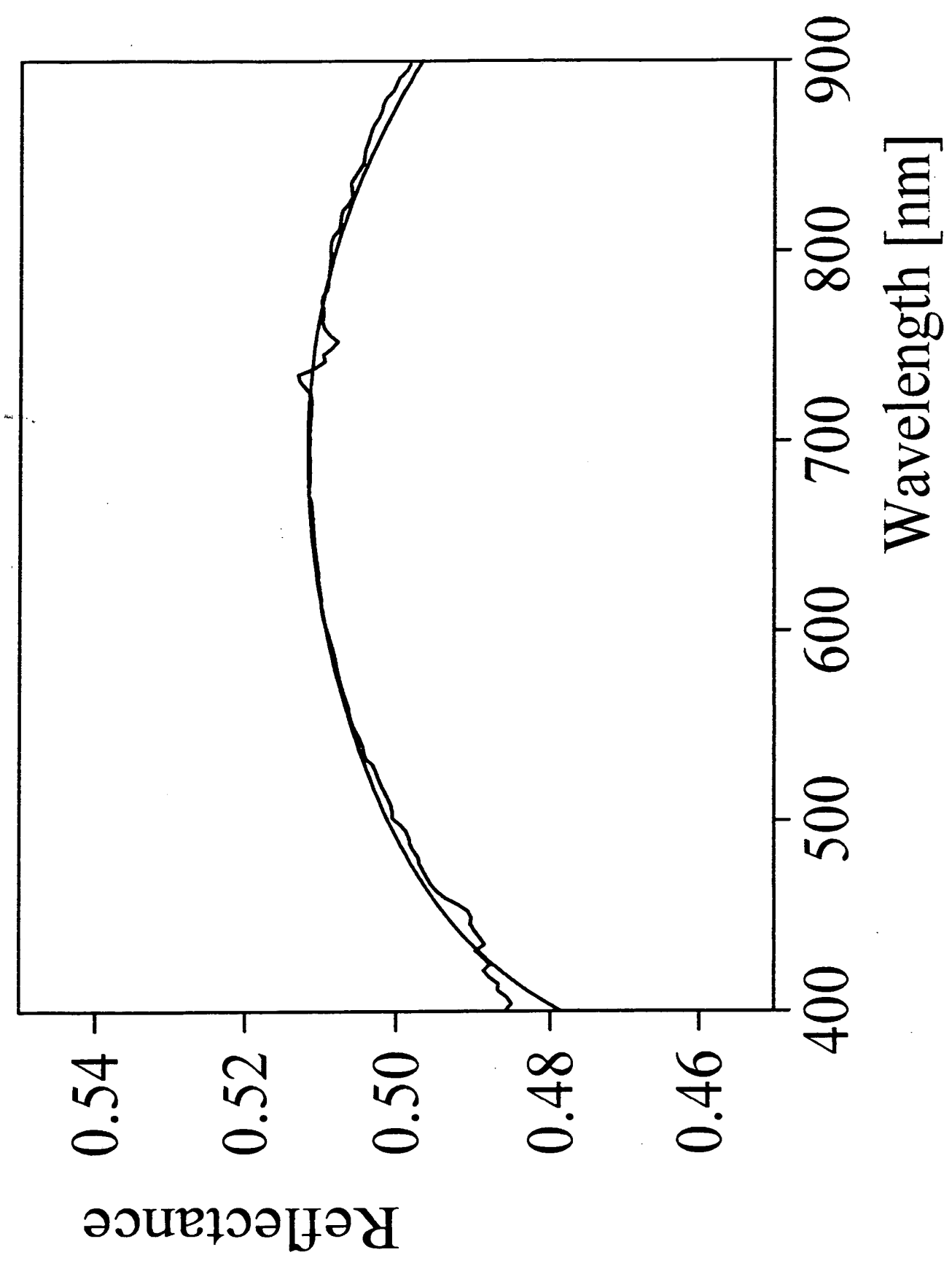
Sds(c)

Plot 5:  
sus (c)

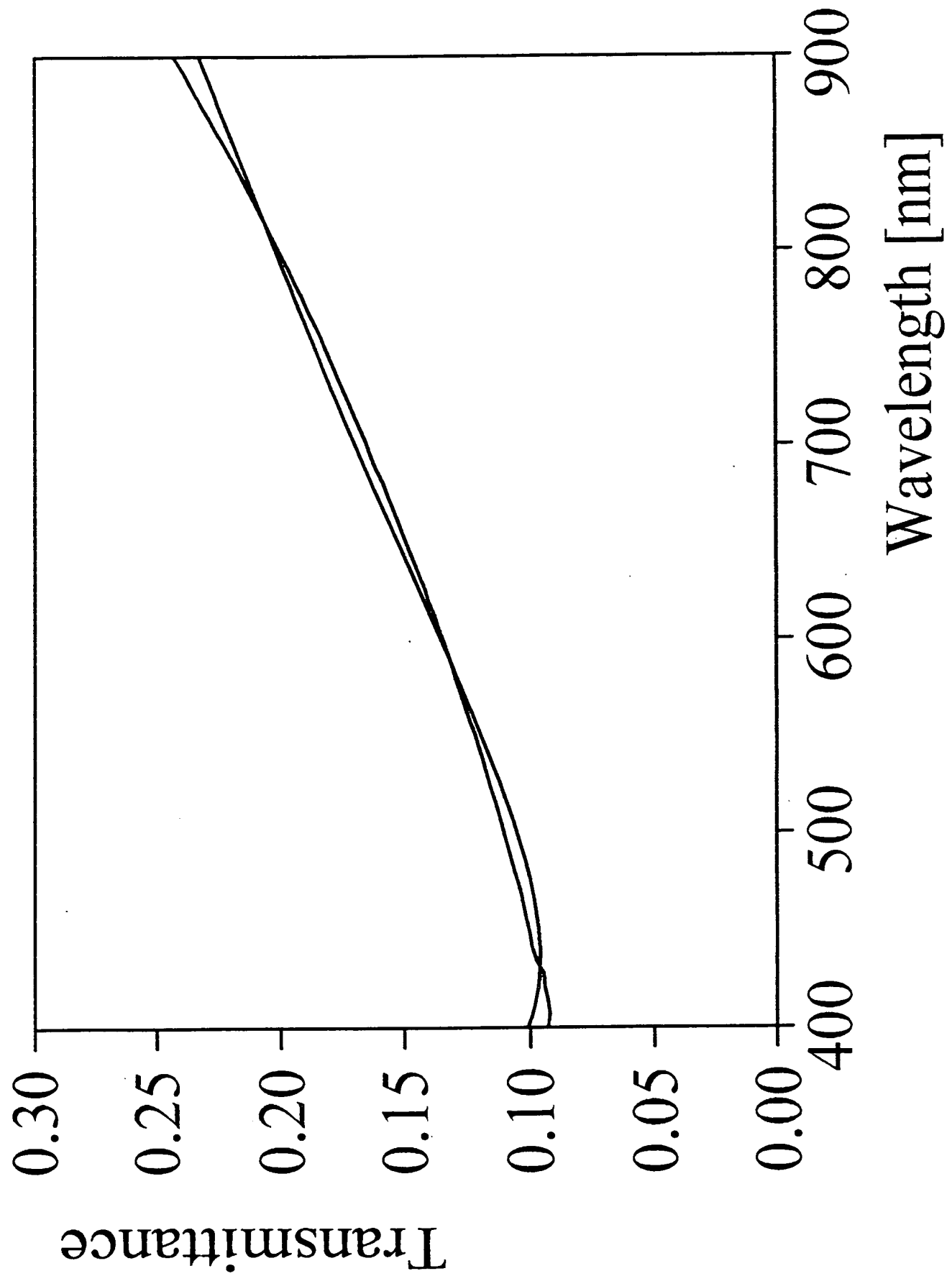




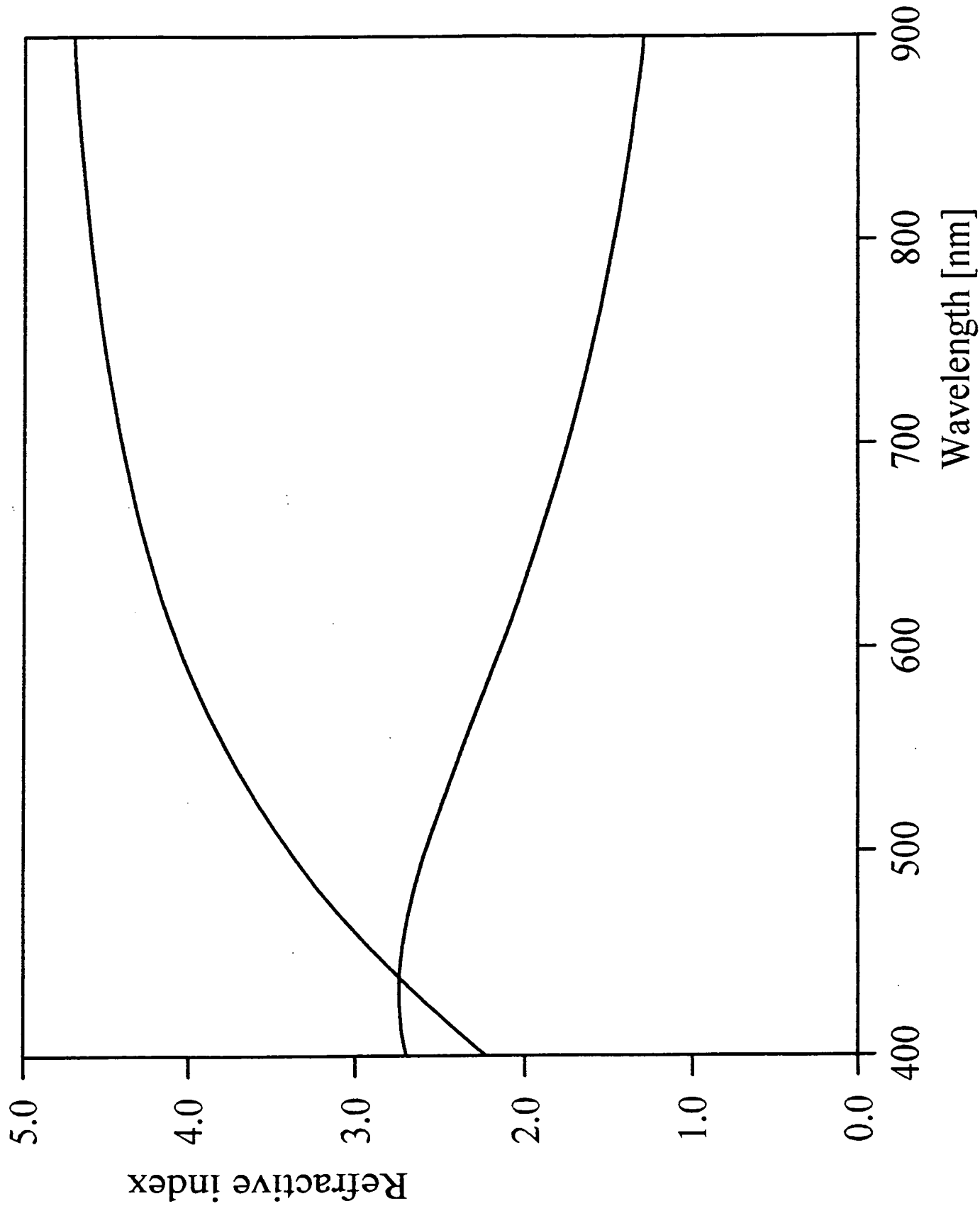
SdS(a)  
Plot 7.



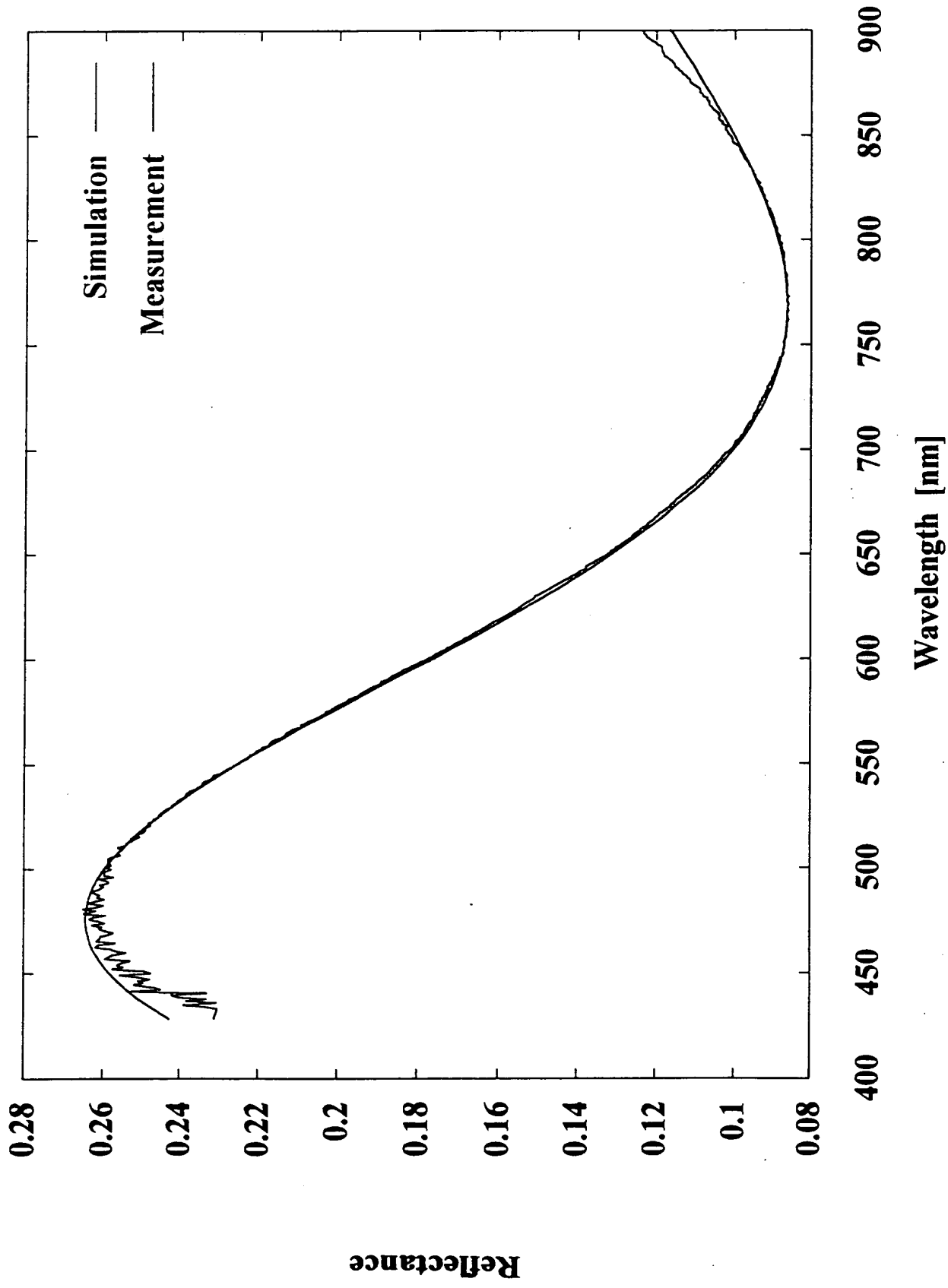
5d<sub>1/2</sub>(a)  
Plot 8



# Refractive index: sds(a)



Amorphous SDS-System: Measurement and Simulation



Crystalline SDS: Measurement and Simulation

